

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНОЇ ШВИДКОСТІ РЕЙКОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

М.С. Злобін¹, Я.О. Кириленко²

¹ магістрант кафедри автоматизовані електромеханічні системи, НТУ «ХПІ»,
Харків, Україна

² асистент кафедри автоматизовані електромеханічні системи, НТУ «ХПІ»,
Харків, Україна

Mykola.Zlobin@ieee.khpi.edu.ua

Буксування рейкових транспортних засобів (РТЗ) виникає при запуску із-за того, що сила тяги більше сили зчеплення. В деяких випадках, коли привід постійного струму з двигунами послідовного збудження, буксування може мати розносний характер [1]. Буксування та юз знижують продуктивні та економічні показники. Через це розробка приладів захисту від буксування є актуальною задачею. Авторами відомо більше 150 патентів та авторських відомств приладів захисту, які використовуються в рейковому транспорті [2]. Прилади захисту, являють собою прості технічні рішення, не завжди дозволяють виявити буксування на початковій стадії, а особливо одночасне буксування колеса та не завжди формують сигнал, пропорційний швидкості надлишкового ковзання колеса:

$$V_k = V_2 - V_l,$$

де V_2 – лінійна швидкість на ободі колеса, V_l – лінійна швидкість РТЗ.

Швидкість надлишкового ковзання використовується як сигнал негативного зворотного зв'язку в автоматичній системі реалізації максимальної сили тяги за умовами зчеплення.

Існуючі обчислювальні пристрої найчастіше економічно не виправдані, та й розраховані працювати у зовсім іншому діапазоні швидкостей. Як приклад системи усунення буксування для РТЗ має тільки датчик кутової швидкості, що дозволяє виявити буксування і формує сигнал швидкості пропорційний швидкості надлишкового ковзання. [3]. Функціональна схема пристрою для двовісного РТЗ та часова діаграма, що пояснює його роботу, наведена на рис. 1. Функціональна схема пристрою складається з наступних блоків:

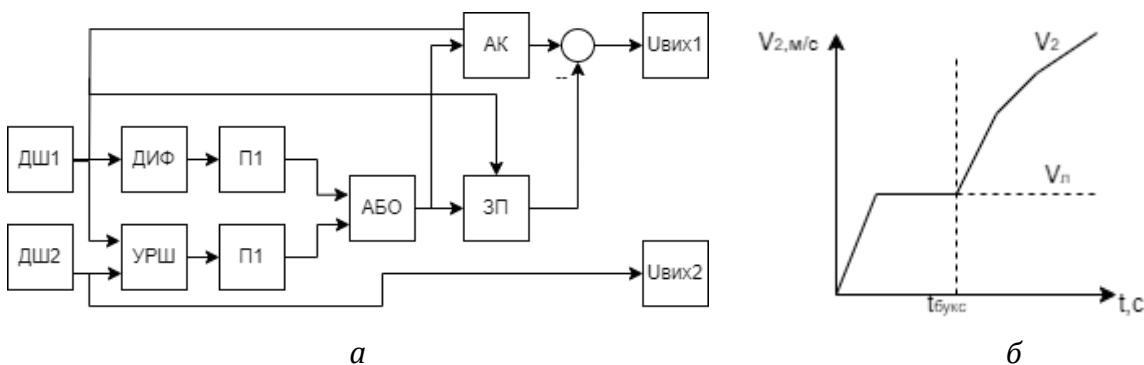


Рис. 1 – прилад виявлення буксування коліс для РТЗ: а – функціональна схема приладу; б – діаграма виникнення буксування

Функціональна схема пристрою складається з наступних блоків: датчики швидкості першої та другої колісної пари ДШ1, ДШ2; прилад виділення різниці швидкостей УРШ; диференційний прилад ДИФ; пороговий елемент перший та другий П1, П2; логічний елемент АБО; аналоговий ключ АК; запам'ятовуючий пристрій ЗП.

В момент зриву зчеплення колеса з рейкою $t_{\text{букс}}$ на виході схеми «АБО» з'являється напруга логічної одиниці. Напруга логічної одиниці припиняє запис сигналу з датчика швидкості. Починається зчитування і одночасно з цим по входу 2 відмикається аналоговий ключ. АК пропускає напругу ДШ. На виході проти буксувального пристрою формується напруга, пропорційна різниці швидкостей поточної та постійної, записаної в ЗП в момент часу $t_{\text{букс}}$. Якщо вважати, що за час буксування колісної пари швидкість електровоза не змінюється, то вихідний сигнал захисту від буксування пропорційний надмірному ковзанню колісної пари. Відключення ПБП відбувається на початку уповільнення колісної пари. Сигнал прискорення формує пристрій ДІФ.

Такий підхід в побудові систем реалізації максимальної сили зчеплення дуже добре себе зарекомендував, але все ж має певні проблеми, так як лінійна швидкість РТЗ під час руху може змінюватись як в сторону прискорення так і зменшення швидкості. Задача точного виміру або розрахунку лінійної швидкості РТЗ в режимі реального часу є задача актуальна. Але використання таких засобів як радарів, ультразвукових або інерційних датчиків суттєво ускладнюють систему і не завжди забезпечують задану точність вимірювання швидкості, особливо в області малих швидкостей.

Розвиток штучного інтелекту, систем обробки даних та потужності процесорів дозволяє інтегрувати в систему керування інтелектуальні методи обчислення такі як комп'ютерний зір та нейронні мережі.

Вимірювання лінійної швидкості з використанням відеокамери ґрунтується на виявленні просторово – тимчасових відмінностей у послідовності зображень, визначення таких функцій, які матимуть відмінність при переході від одного зображення до іншого. Відомий ряд методів аналізу та алгоритмів обробки оптичного потоку з відеокамери [4]. Алгоритм Лукаса - Канаді кращий так як працює в режимі реального часу, нечутливий до шумів, має достатню точність [5,6].

Використання технологій комп'ютерного зору дозволяє виміряти лінійну швидкість РТЗ. Визначення лінійної швидкості з використанням датчиків кутової швидкості вимагає колісної пари не пов'язаної з тяговим двигуном, щоб у більшості практичних випадків неможливо. Застосування радарів, ультразвукових або інерційних датчиків суттєво ускладнюють систему і не завжди забезпечують задану точність вимірювання швидкості, особливо в області малих швидкостей.

Список літератури:

1. Клепиков В.Б. Динаміка електромеханічних систем з нелінійним тертям: монографія/ Харків: Підручник НТУ "ХПІ", 2014, 407 с.
2. Y. Kutovoj, Y. Kyrylenko, I. Obruch and T. Kunchenko, "Application of Intelligent Control Systems in Electric Drives of Rail Vehicles," 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2021, pp. 709-713, doi: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570026.
3. Y. Kyrylenko, Y. Kutovoj, I. Obruch and T. Kunchenko, "Neural Network Control of a Frequency-Regulated Electric Drive of a Main Electric Locomotive," 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240880.
4. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications / *The University of Washington*, 2022.
5. Robert Laganiere. OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook (2nd. ed.) / *Packt Publishing*, 2020.
6. Y. Kyrylenko, K. Yuriy and K. Tatiana, "The Robotic Platform for Measuring Linear Velocity Using Computer Vision Algorithms," 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916472.